

# UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

## PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



## Perspektivy a úskalí fytoenergetiky

Perspectives and pitfalls of phytoenergy

Bakalářská práce

Zpracovatel: Lukáš Eršil

Školitel: RNDr. Rudolf Přibil, CSc.

Srpen 2010

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval sám pod vedením RNDr.  
Rudolfa Přibila, CSc., všechny zdroje uvedl v seznamu literatury a že je tištěná verze  
totožná s elektronickou verzí vloženou na SIS.

V Praze dne 9. 8. 2010

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu RNDr. Rudolfu Přibilovi, CSc. za cenné náměty, odborné vedení a rady, které mi pomohli při psaní mé bakalářské práce.

## **Abstrakt:**

Fytoenergetika vzbuzuje zájem nejen zastánců trvale udržitelného rozvoje, ale i zemědělců, investorů, politiků a ekonomů. Z tohoto odvětví se tak stává byznys a ten zřídka kdy bere ohled na ochranu životního prostředí. Proto je třeba činnosti na poli fytoenergetiky korigovat a usměrňovat. Tak jak jsme toho byli svědky v případě fotovoltaických elektráren, i ohledně biomasy aplikace zákonů zaostává za novými poznatky. Fytoenergetika má své nezastupitelné místo ve skladbě energetických zdrojů. Otázkou zůstává jaké procento může reálně zaujmout aniž by tím nebylo ohrožováno životní prostředí. To je dáno především plochou zemědělského půdního fondu, klimatem v daném místě a možnostmi zpracovatelské infrastruktury. V mé bakalářské práci se zabývám druhy energetických plodin, bilancí životního cyklu biopaliv a motorovými biopalivy, o které je vysoký zájem vzhledem k orientaci západní civilizace na automobilový průmysl. Došel jsem ale k závěru, že za současných možností je zbytečné omezené výnosy biomasy se ztrátami energie přeměňovat na kapalná paliva. Mnohem přínosnější je zaměřit se na ty energetické plodiny, které představují menší zátěž pro životní prostředí a které jsme schopni lépe využít přímým spalováním. Omezení rozlohy řepkových polí, tak zmírní negativní dopady na zvěř i půdu. V bakalářské práci nalézám větší perspektivu v rychle rostoucích dřevinách, které při velké produkci biomasy znamenají lepší životní prostor pro živočichy a menší náročnost na obdělávání půdy.

## **Abstrakt**

Not only people advocating for sustainable development are interesting in the progress of the phytoenergetic's sector, also investors, politicians, economists and farmers are interested in that. Most of the people interested in phytoenergy take this growing branch as a promissory business. Conservation of non-renewable resources hasn't been taken as the main aim.

The potential of the energy content of the biomass of plants is undiscussed.

Nevertheless is necessary to calculate how much land can be destined to energetic crops without causing negative impact on environment. That's depends mainly on the agricultural land resources, on climate conditions and on the possibilities of construction infrastructure for postharvest activities. . In my bachelor thesis I deal with the advantages and disadvantages of different species of energetic crops and focus on biofuels life cycles and on motors biofuels, which are very important due to interest that the strong automobile industry has put in them. I concluded that, considering the technological facilities up to date, is not profitable to transform the biomass into liquid biofuels. Focus on low resources consuming energetic crops with low impact on the environment, which could be exploited only through burning, would be more profitable. I find more prospective the cultivation of fast-growing trees. Fast growing trees need less intensive tillage in comparison with others crops and could create suitable biotopes for diverse groups of animals.

## **OBSAH:**

1. Úvod .....	6
2. Historie .....	7
3. Fytoenergetika a fyzikální aspekty .....	7
4. Stav a vývoj legislativy v ČR a EU .....	8
5. Energetické plodiny .....	9
5. 1. Energetické byliny .....	10
5. 2. Rychle rostoucí dřeviny .....	14
5. 2. 1. Dopady výmladkových plantáží na životní prostředí .....	15
5. 2. 2. Rychle rostoucí plodiny na degradovaných plochách .....	15
6. Možnosti využití energetických rostlin .....	16
7. Motorová biopaliva .....	17
7. 1. Bioethanol .....	17
7. 2. Biobuthanol .....	18
7. 3. Bionafta .....	19
8. Dělení biopaliv dle způsobu výroby .....	20
8. 1. 1. generace biopaliv .....	20
8. 2. 2. generace biopaliv .....	21
8. 3. 3. generace biopaliv .....	22
9. Kombinované spalování biomasy a fosilních paliv .....	23
10. Bilance životního cyklu - Life cycle assessment .....	24
11. Dopady fytoenergetiky .....	26
11. 1. Environmentální dopady fytoenergetiky .....	26
11. 2. Půda a voda jako hlavní zdroj výroby biopaliv .....	27
11. 3. Sociálně – ekonomické dopady .....	27
11. 4. Vliv pěstování řepky na zvěř .....	28
12. Základní zásady ve fytoenergetice .....	29
13. Závěr .....	30
Seznam použité literatury .....	31

# 1. Úvod

Paliva představují jednu z nejdůležitějších odvětví naší doby. Jejich zdroje, distribuce a spalování jsou důvodem mnoha válek, sporů a v první řadě však poškozování životního prostředí. I přes celosvětově zvyšující se znečišťování životního prostředí z energetiky a velmi pravděpodobný příspěvek lidstva ke globálním změnám klimatu, neustále energetická spotřeba lidstva roste. Vzhledem k populačnímu a ekonomickému růstu v rozvojové části světa nelze důvodně předpokládat změnu tohoto trendu. Vývoj alternativních zdrojů biopaliv však není podporován jen úvahami lidstva na téma ochrany životního prostředí, ale i faktem nerovnoměrného rozložení zdrojů fosilních paliv, a to zejména v nestabilních částech světa. Energetická bezpečnost bude v dnešním světě hrát stále významnější roli.

Prvním impulsem pro zaměření se na vývoj alternativních zdrojů energie v západní Evropě byla Jomkipurská/Ramadánová válka v říjnu roku 1973, která vyústila v embargo OPEC vůči spojencům Izraele. Lidé si ve velkém uvědomili nestabilitu zdrojů potřebných pro svůj energeticky náročný způsob života. Až v dalších desetiletích se k důvodům pro výzkum na poli alternativních zdrojů energie přidal mnohem zásadnější důvod, kterým je ochrana životního prostředí. Nové důkazy o velmi pravděpodobném vlivu lidstva na globální změnu klimatu ještě více trend hledání nových čistších zdrojů energie urychluje.

Po více jak dvoustetletém masivním spalování fosilních paliv se lidé vrací částečně zpátky před průmyslovou revolucí k prvnímu zdroji energie – spalování biomasy. Počítá však s mnohem sofistikovanějším užíváním biomasy, tak aby uspokojilo potřeby dnešního člověka. Setkáváme se s cíleným pěstováním plodin za účelem energetického využití, přeměny biomasy na tekutá paliva, či plyn. I tento zdroj energie je však podroben zkoumání jeho možností pozitivních a negativních přínosů pro životní prostředí. Během poměrně krátké doby jsme byli svědky masivního zavádění biopaliv, jejichž přínos je průběžně analyzován a politika zavádění biopaliv je sice se zpožděním ale přesto přizpůsobována.

## 2. Historie

Po objevu ohně se spalování biomasy stalo prvním zdrojem energie, který měl člověk kromě vlastní síly k dispozici. V průběhu následujícího vývoje lidstva se začalo užívat dalších zdrojů energie – větru a vody. Dlouhá éra využívání obnovitelných zdrojů energie pak zastavila průmyslová revoluce, při které se postupně přešlo na fosilní paliva a jejich převaha spolu s jadernou energetikou trvá dodnes. I přesto stála biopaliva na začátku vývoje spalovacích motorů. Při představení svého nového motoru použil roku 1898 Rudolf Diesel jako palivo olej z plodů podzemnice olejné (*Arachis hypogea*). Palivo z biomasy pak používal až do roku 1920. Stejně tak i Fordův model T a A jezdil na ethanol z kukuřice (Gál, 2010). Od 20. let minulého století až do první ropné krize v roce 1973 převzala hlavní roli nafta a benzin.

## 3. Fytoenergetika a fyzikální aspekty

Zdrojem energie na Zemi je Slunce. Na zemský povrch dopadá každou vteřinu ohromné množství energie – 173 000 TJ, což je 17 000x více než je denní spotřeba lidstva. Maximální horní hranice zachycení a uložení této energie do biomasy je 15%, naprostá většina rostlin však přemění na chemickou energii maximálně jedno procento, častěji pak půl procenta (Goldemberg J., 2004 ex Abbasi T., 2009).

Celosvětová spotřeba primárních energetických zdrojů činí v roce 2010 12000 Mtoe (Dominico R., 2007). To odpovídá  $5,04 \cdot 10^6$  GJ. K pokrytí celosvětové spotřeby primární energie je z 10% využito biomasy což představuje 2 mld. tun ročně spotřebované biomasy (Andert, 2006). Z toho vyplývá, že při výnosu plodiny 10t/ha je k uspokojení 100% spotřeby nutno pěstovat energetické plodiny minimálně na 2mil. km<sup>2</sup>. Tato plocha přibližně odpovídá rozloze Mexika a 1,34% z celkové rozlohy pevniny. Pro představu možností náhrady fosilních paliv biomasou v České republice lze uvést následující výpočet. Na 1 m<sup>2</sup> dopadá v České republice přibližně 1000 kWh za rok (Přibil R, osobní konzultace). Při účinnosti fotosyntézy 0,5 % je tak celoroční výkon na 0,571 W. m<sup>2</sup>. Tato hodnota se ale týká celkové energie obsažené v biomase. Je tedy nutno uvážit účinnost spalování v elektrárně, např. elektrárna Hodonín disponuje

účinností 36,64 % (Schreier M., ČEZ, osobní konzultace). Vychází tedy snížení celkového výkonu poskytnutého fotosyntézou na  $0,209 \text{ W} \cdot \text{m}^2$ . Pokud bychom tak chtěli nahradit jeden blok zmiňované elektrárny v Hodoníně, potřebovali bychom 50 187 ha. Tato plocha odpovídá celkové oseté ploše technickými plodinami v kraji Vysočina.

## 4. Stav a vývoj legislativy v ČR a EU

Evropská komise se poprvé zabývala možností využívání biopaliv v dopravě v roce 2001. Ve sdělení o alternativních pohonných látkách pro silniční dopravu označila bioplyn, vodík a biopaliva za alternativní paliva budoucnosti. V roce 2003 byla přijata směrnice 2003/30/EC o podpoře a využívání biopaliv. Směrnice ukládá členským státům stanovit cíle uvádění minimálního procenta biopaliv na trh. Stanoveno bylo 2,75 % pro rok 2005 a 5,75 % pro rok 2010. Směrnice 2003/96/EC umožňuje osvobození biopaliv od daně tak, aby byla biopaliva ekonomicky konkurenceschopná. V prosinci 2005 Komise EU vypracovala Akční plán pro biomasu. Následující rok byla zveřejněna „Strategie EU pro biopaliva“. 10. ledna 2007 pak byla vydána „Zpráva o pokroku v oblasti biopaliv“ dle které bylo v roce 2005 uvedeno na trh pouze 1 % biopaliv. Pouze Švédsko a Německo splnilo cíl 2,75 %. V březnu 2007 se Evropská unie dohodla na stanovení závazného cíle pro rok 2020 a to 10 % podílu biopaliv. V lednu 2008 předkládá komise návrh na změnu směrnice 2003/30/EC. V tomto návrhu je potvrzen cíl 10% pro rok 2020 a jsou stanovena kritéria udržitelnosti pro pěstování plodin za účelem výroby biopaliv (Euroactiv, 2009). Dle evropské legislativy musí výrobci biopaliv předložit tzv. „Life cycle  $\text{CO}_2$ “, deklarující, že při výrobě bylo vyprodukováno méně skleníkových plynů než je v nich obsaženo. Není bez zajímavosti námitka výrobců automobilů sdružených v organizaci „World – wide fuel charter“ proti přimíchávání biosložky a to, že pro splnění EURO 5 a v budoucnu EURO 6 je nutné klást vysoké požadavky na palivo a biosložka přidaná do motorové nafty tyto požadavky nespĺňuje (Pražák V., 2007).

V České republice je pro podporu fytoenergetiky zásadní zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Na jeho základě stanovuje Energetický regulační úřad výkupní ceny energií. Velmi podstatným je i zákon č.



458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích, který určuje právo a podmínky připojení výrobce k přenosové soustavě. Původně požadavky na složení a jakost motorových paliv řešil zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v roce 2006 byl však přijat zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot. Prováděcím předpisem je pak vyhláška č. 229/2004 Sb., kterou byla do naší legislativy implementována směrnice EU 98/70/EC ve znění 2003/17/EC o jakosti benzinu a motorové nafty a směrnice 2003/30/EC o podpoře používání biopaliv. Problematiku využívání biopaliv řeší zákon č. 86/2002 Sb., o ovzduší, naposledy novelizovaný v roce 2010. Od 1. června musí osoba uvádějící na trh pohonnou hmotu zajistit minimální podíl 4,1 % objemových z celkového množství benzinu, maximálně pak 5 %. V případě nafty je to pak minimálně 6 % objemových a maximálně 7 %. Za nesplnění povinnosti přimíchání biosložky je stanovena pokuta 40 Kč za každý litr biosložky neuvedené na trh (Pražák V., 2007).

## 5. Energetické plodiny

Fytoenergetika využívá jednoleté i víceleté energetické rostliny, rychle rostoucí dřeviny na zemědělské půdě, produkty lesního hospodářství a vedlejší produkty zemědělství a lesnictví.

Nejdůležitějšími složkami fytomasy je celulóza, hemicelulóza a lignin. Souhrnně nazývané lignocelulóza. Lignocelulózní biomasu představují rychle rostoucí traviny a dřeviny. Jsou to zejména druhy, které jsou používány pouze pro energetické využití a nelze je použít pro potravinářský průmysl. Jedná se například o druhy: Vrba (*Salix spp*), Topol (*Populus spp*), Proso prutnaté (*Panicum vigatum*), Antropogon gerardii, Chrástice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), Ozdobnice (*Miscanthus spp*). Tyto druhy se vyznačují řadou výhod. Představují vysoký výnos biomasy, mají nízký erozní potenciál, značné geografické rozšíření, poutají velké množství uhlíku a pro dopady na životní prostředí je významná nízká potřeba hnojení a vklad fosilních paliv v průběhu pěstování (Abbasi T., 2009).

## 5. 1. Energetické byliny

Mezi významné energetické plodiny lze zařadit následující druhy:

### Čičorka pestrá (*Coronilla varia*)

Jedná se o víceletou rostlinu z čeledi Fabaceae s dlouhými kořeny a lodyhou 30 – 100 cm. Této rostlině se daří na vápenité půdě a je vhodná pro produkci bioplynu. Výnos se pohybuje okolo 9 tun sušiny na hektar za rok. Čičorka pestrá se dříve používala v lidovém léčitelství (Rak L., 2007). Předností odrůdy je možnost jejího využití proti erozi, nenáročnost na klimatické podmínky, vysoký výnos semen a velká odnožovací schopnost (VÚPT, 2010).

### Sléz kadeřavý (*Malva crispa*)

Tak jako čičorka pestrá je sléz vhodný pro produkci bioplynu. Jeho hektarový roční výnos činí 8 -12 tun sušiny. Sléz lze pěstovat v nížinách ale i na horách, nejvhodnější jsou hlinité a hlinitopísčité půdy (Petříková V., 2000).

### Laskavec (*Amaranthus sp.*)

Rostlina využitelná i pro potravinářskou výrobu či krmivo. Výnos dosahuje 8 – 10t/ha za rok. Pro efektivní využití pěstování laskavce je vhodné využít program produkce semene a energeticky zhodnotit nevyužitou slámu. Hojně zatím pěstován v Maďarsku, jeho další rozšíření podporuje Evropská unie (Petříková V., 2000).

### Šťovík Uteša (*Rumex Utesa*) Rumex OK 2

Rumex OK 2 byl vyšlechtěn před sedmi lety na Ukrajině pro krmné účely. Pro některé své vlastnosti se však stal vyhledávanou energetickou plodinou. Šťovík není nutné dosoušet, má stejnou výhřevnost jako palivové dřevo ( 15 MJ/kg) a na rozdíl od kukuřice se hodí do svažitých ploch. Svým hlubokým zakořeněním totiž zabraňuje erozi. Jedná se o vytrvalou rostlinu a proto odpadá každoroční orba a s ní spojená

spotřeba energie. Protože se jedná o hybrid podléhá v České republice kontrole. Nevýhodou je skutečnost, že prvním rokem vyžaduje postřik proti škůdcům (Petříková V., 2009).

#### Konopí seté (*Canabis sativa* L.)

Konopí je jednoletá dvoudomá rostlina známá spíše pro svůj obsah psychotropních látek. Stonek dorůstá 2 - 4m. Dle zákona č. 167/1998 Sb. o návykových látkách nesmí být pěstováno konopí obsahující více než 0,3% látek THC (tetrahydrokanabinoly) a platí zde ohlašovací povinnost pro pěstitele nad 100m<sup>2</sup> oseté plochy. Konopí nevyhovují kyselé půdy, pro pěstování jsou nutné půdy neutrální až mírně zásadité. Technické konopí z půdy odčerpává těžké kovy a jedovaté látky, pro pěstování není třeba použít pesticidy ani herbicidy, je však náročné na vodu (Šířková, 2009).

Ze slámy se produkují pelety a brikety, které se dají spálit s výhřevností 18 MJ/kg, nebo přeměnit na alkoholová paliva (Moudrý J., 2006).

#### Ozdobnice čínská (*Miscanthus giganteus*)

Ozdobnice patří mezi C4 rostliny do čeledi Poaceae. Její vysoký výnos, který může dosahovat až 30 t sušiny/ha za rok, z ní činí ekonomicky zajímavou rostlinu. Sklízí se po 2-3 letech. Výhřevnost dosahuje 14 MJ/kg (Sovák, 2009). Ozdobnici je možné pěstovat na méně kvalitních půdách. Rozmnožuje se pomocí oddenků – rhizomů. Ozdobnici lze vysadit do nadmořské výšky 700m n. m. a vyžaduje srážkový úhrn 500 – 600 mm/rok. První rok je doporučováno aplikovat postřik proti plevelu (1kg/ha herbicidu Lanacil), pro maximální výnos pak hnojení. Nutná je také příprava půdy. Ozdobnici je možné použít jak na přímé spalování, výrobu lisovaných briket či pelet, tak i na výrobu bioethanolu. Z jednoho hektaru je možno vyrobit 6000 l paliva (Holub P., 2007). Ozdobnice je velmi dobře zhutnitelná a tak se hodí k výrobě lisovaných topných briket (Plíštil D., 2004).

### Kukuřice (*Zea spp.*)

Kukuřice představuje jednu z nejvýznamnějších plodin, která se využívá pro potravinářství, energetiku i krmné účely. Technologie výroby bioplynu z kukuřice je velmi propracovaná a proto s nárůstem výstavby bioplynových stanic kukuřice stále nabývá na významu. Kukuřice je jednoletá rostlina a tak její pěstování znamená větší množství vložené energie. Velkým problémem se také jeví eroze půdy, kterou pěstování kukuřice způsobuje. Aby nedocházelo k příliš velkému odnosu ornice, je dovoleno její pěstování jen do sklonu 7° (Petříčková, 2000).

### Dávivec černý (*Jatropha curcas*)

Tato rostlina z čeledi Euphorbiaceae se nejvíce pěstuje v Indii. Velkou výhodou je její nenáročnost na stanoviště. Lze ji pěstovat na zasolené degradované půdě s nedostatkem srážek. Není tedy konkurencí pro potravinářské rostliny a nemusí se kvůli jejímu pěstování kácet lesy. Do Jatrophy je zejména v rozvojovém světě vkládáno mnoho nadějí, zkušenosti s pěstováním však zatím nejsou velké (Abbasi T., 2009). Původně bylo v Indii naplánováno využít 13 milionů hektarů půdy, z toho 3 miliony půdy degradované. Později se však zjistilo, že ne všechna degradovaná půda se z důvodu příliš nízkého obsahu živin pro pěstování Jatrophy hodí. Celkový dopad masivního pěstování Jatrophy nebyl dosud studován (Ghosh D.R., 2007 ex Abbasi T., 2009).

### Čirok obecný (*Sorghum bicolor* L.)

Teplomilná rostlina z čeledi Poaceae dorůstá výšky 100 – 300 cm. Vyžaduje vyšší teploty a tak je pěstována v Africe, Indii, Arabském poloostrově či jižní Evropě. Rostlina je poměrně odolná vůči suchu a nenáročná na složení půd. Výnosy čiroku dosahují až 20t/ha (Koubová D., 2008). Čirok je stejně jako ozdobnice velmi vhodný pro lisování topných briket (Plíštil D., 2004).

### Lesknice (chrastice) rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.)

Tato tráva je náročná na živiny a vláhu. Její výška přesahuje 2m, a je rozšířena po celé Evropě, Severní Americe a ve větší části Asie. Lesknice vytváří mohutný kořenový systém, který roste do velké hloubky. Rostlina je odolná mrazům, suchu či naopak krátkému zaplavení. Zároveň je odolává škůdcům a různým chorobám. Pro krmné účely bylo vyšlechtěno ve světě mnoho odrůd, v poslední době se však pěstitelské úsilí zaměřuje na zlepšení vlastností pro energetické využití, zejména pak vyšší poměr stonků vůči listům, co nejnížší obsah draslíku, křemíku, chlóru. Nízký obsah těchto prvků je důležitý pro omezení koroze ve spalovacím zařízení a proti spékání a tavení popele. V případě chrastice lze dosáhnout výnosu 15t/ha (v našich podmínkách spíše 6t/ha). Její nevýhodou z hlediska ochrany životního prostředí je náročnost na živiny. Chrastice se používá pro přímé spalování (výhřevnost 17 MJ/kg) či výrobu briket, její zelené části se využívají pro produkci bioplynu (Stražil J., 2004).

### Světlice barvířská – saflor (*Carthamus tinctorius* L.)

Teplomilná rostlina saflor se pěstuje podobně jako slunečnice. Výnos slámy se pohybuje okolo 5t/ha, její výhřevnost dosahuje 17 MJ/kg. Saflor má tvrdou lodyhu a tak ji lze použít na výrobu štěpky (Petříková V., 2000). Semena světlice jsou zdrojem oleje s vysokým podílem mastných kyselin. Pro rostlinu nejsou vhodné kyselé a zamokřené půdy (Moudrý J., 2006).

### Sveřep bezbranný (*Bromus inermis*)

Sveřep vytváří mnoho podzemních výběžků a je proto předurčován na místa ohrožená erozí. Rostlině nevadí nižší pH půdy, občasné období sucha ani tuhé zimy. Výnos sveřepu se pohybuje mezi 12 – 15 t/ha. Výhodou sveřepu je rychlé stárnutí, a tedy rychlé vysychání (Petříková V., 2000).

### Křídlatka česká (*Reynoutria x bohemica*)

O křídlatce jako energetické plodině se uvažuje z důvodu jejích vysokých výnosů (až 30t/ha). Proti záměrnému pěstování však hovoří fakt, že se jedná o velmi expanzivní druh a také vysoká cena na založení plantáže (Sladký V., 1999). Lze však uvažovat o využití stávajících ploch s výskytem křídlatky, které umožňují přístup k její sklizni (Petříková V., 2000). Pro sklizeň lze použít mechanizaci používanou pro kukuřici. Křídlatka disponuje schopností vstřebávat velké množství těžkých kovů, které pak lze zachytit v elektrostatických a látkových filtrech. Rostlinu je tedy možno použít na asanaci zamořených půd (Sladký V., 1999).

### *Macrocystis pyrifera*

I mořské rostliny mohou být pěstovány za účelem výroby biopaliv. Chaluhy jsou nejvíce pěstovány v USA. Anaerobní digestí se z nich vyrábí methan (Abbasi T., 2009). Jako velkou výhodu uvádí zastánci rozvoje mořských farem fakt, že nezabírají půdu, nespotřebovávají energii obděláváním polí a hnojením (Radulovich R., 2007). I v tomto případě je ale třeba dbát na maximální omezení nepříznivých zásahů do mořských ekosystémů.

## **5. 2. Rychle rostoucí dřeviny**

Nejvýznamnějšími rychle rostoucími dřevinami jsou topoly a vrby. Celosvětově se pěstují na 8 mil. hektarů, v České republice pak na cca 11 tis. hektarech. V Evropě se topol pěstuje nejvíce v Itálii a Rakousku. Vrba je nejvíce vysazována v Polsku, Dánsku, Slovensku či Maďarsku. Nejčastěji se využívá k výrobě štěpky a do budoucna se počítá s masivnější výrobou bioethanolu. V posledních 30 letech se začal provádět nový způsob pěstování rychle rostoucích dřevin, tzv. výmladkové plantáže. Ta je založena na regenerační schopnosti některých klonů topolů a vrb, která umožňuje sklizeň bez potřeby zakládání nového porostu. V Evropských zemích plocha výmladkových plantáží významně narůstá. Dle stávající energetické politiky by měla plocha

výmladkových plantáží tvořit v EU 60 000 hektarů. 2,5 t rychlerostoucí rostliny nahradí při spalování 1t topného oleje (Šinkora, 2008).

### **5. 2. 1. Dopady výmladkových plantáží na životní prostředí**

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o trvalé porosty, bude znamenat jejich zavádění menší dopad na životního prostředí než u jednoletých monokultur. Porosty chrání půdu před evaporací a stabilizují odtokový režim, což můžeme zejména v České republice považovat za pozitivní skutečnost. Rychle rostoucí dřeviny také mohou vytvářet stanoviště pro ptáky. Při výběru klonů s podobnými růstovými vlastnostmi tak, aby nebyl snížen výnos oproti výnosu z monokultur, je možno zakládat smíšené porosty. Půdu není třeba hnojit, naopak je sledován nárůst humusu a aktivity edafonu. Pro živočichy jsou výmladkové plantáže významně lepší než intenzivní rostlinná výroba na polích. Problém však může nastat v okamžiku sklizně. To lze do jisté míry eliminovat postupnou výsadbou po letech.

Dalším zajímavým uplatněním rychle rostoucích dřevin se jeví jejich použití jako protihlukové bariéry. Již 3 m široký pás topolů či vrb dokáže snížit hluk o 25 %. Rostliny bez listů pak sníží hlukovou zátěž o 3 – 5 dB. K běžným druhům jako je vrba jíva (*Salix caprea*) vrba bílá (*Salix alba*) či vrba křehká (*Salix fragilis*) je třeba přidat vrbu košíkářskou (*Salix viminalis*), která zajistí zavětvění od země a zvýší tak účinnost hlukové bariéry (Huleš L.,2006). Je také třeba zajistit různověkost alespoň dvou třímetrových pásů a postupnou sklizeň po částech. Tím se docílí kontinuální protihlukové ochrany. Pozitivní přínos tak přinese zakládání výmladkových plantáží u rychlostních komunikací, dálnicích, železničních tratí a průmyslových zón.

### **5. 2. 2. Rychle rostoucí plodiny na degradovaných plochách**

Jak již bylo zmíněno výše, energetické rostliny je vhodné pěstovat na plochách, které nelze použít pro pěstování plodin pro potravinářský průmysl. Mezi tyto plochy patří zejména pozemky s degradovanou půdou.

Prvním typem jsou degradované půdy zatížené imisní zátěží nacházející se v blízkosti průmyslových aglomerací. Často se v nich nachází již nevyužívané plochy či opuštěné stavby tzv. „brownfieds“, které mohou být v budoucnu využity na vybudování

podniků zpracovávající nedaleko vypěstované energetické plodiny. Druhým příkladem degradovaných půd jsou pak zemědělské plochy s vysokým výskytem těžkých kovů, což mohla zapříčinit aplikace čistírenských kalů, fosforečných hnojiv a pesticidů. Alternativou k velmi nákladnému odtěžení a následnému vymývání zeminy se jeví použití vhodných rostlin. Jedním ze způsobů je vytvoření trvalého rostlinného pokryvu. Tím se zamezí šíření kontaminujících látek, vodní a větrné erozi. Toto řešení se nazývá fytostabilizace a je pouze dočasné. Další možností je výsadba rychle rostoucích dřevin, které jsou schopné v sobě hromadit toxické látky a vytvářejí velké množství biomasy. Velmi dobrým druhem se jeví vrba, která je schopná kumulovat kadmium až do obsahu 40 ppm v dřevní biomase. Topol dokáže tento prvek vázat do zhruba poloviční koncentrace. U méně mobilních prvků jako je olovo nebo rtuť je ukládání do biomasy pomalejší a až 95% těchto prvků se ukládá do podzemních částí rostlin (Tlustoš P., 2009). Biomasu obsahující toxické látky je pak nutné použít pouze ve spalovacích zařízeních s nainstalovanými filtry.

## **6. Možnosti využití energetických rostlin:**

- Termochemická přeměna biomasy (přímé spalování, pyrolýza, zplyňování)
- Biochemická přeměna biomasy (alkoholové, methanové kvašení)
- Fyzikální přeměna biomasy (peletování, výroba briket, drcení apod.),
- Mechanicko-chemická přeměna biomasy (lisování a esterifikace olejů)

Výhodou termochemických procesů oproti procesům chemickým je možnost využití téměř všech organických složek biomasy. Z hlediska efektivity však musí být úroda zpracována ve velkém množství, a to z důvodu energetické náročnosti chemických reakcí. To znamená přepravu na velké vzdálenosti, čím se snižuje energetická výhodnost procesu zvyšují emise skleníkových plynů.



## Aerobní digesce

V tomto typu výroby paliva je škrob přeměněn na jednoduché cukry (maltosa, glukósa, fruktóza). Ty jsou za pomoci kvasinek přeměňovány na ethanol. Ten ale obsahuje určité procento vody, která se musí energeticky nákladnou destilací odstranit (Abbasi T., 2009).

## Pyrolýza

Podstatou je zahřívání biomasy bez přístupu  $O_2$  čímž dostaneme různé organické látky použitelné na výrobu paliv. Zahřívání biomasy s nízkým přísunem kyslíku vede ke zplynování a zisku vodíku a organických plynů. Ty pak mohou být Fischer Tropschovou syntézou přeměněny na kapalná paliva (Abbasi T., 2009).

## Anaerobní fermentace

V procesu anaerobní fermentace je mikrobiální přeměnou vstupních látek získáván bioplyn. Sekundárním produktem je digestát vhodný pro použití jako hnojivo. Pro výrobu bioplynu je používáno široké spektrum biopaliv. Od zbytků ze zemědělské činnosti až po záměrně pěstované rostliny. Používají se i zbytky z chovu zvířat. V podmínkách České republiky je použití bioplynových stanic s kogeneračními jednotkami (výroba elektřiny a tepla) perspektivní.

# 7. Motorová biopaliva

## 7. 1. Bioethanol

Ethanol se začal biotechnologickou výrobou vyrábět po roce 1970. Největší problém byl s dehydratací ethanolu, která je důležitá pro přimíchávání do benzínu. Ethanol má nižší výhřevnost oproti benzínu, lze ho však s benzínem v libovolném poměru mísit. Zejména v Brazílii a ve Švédsku je velmi oblíbené palivo E 85. To obsahuje 85 % ethanolu a 15 % benzínu. Používat se může zejména v autech k tomu určených tzv. Fuel Flexible Vehicle (FFV) či standardních automobilech, ve kterých dojde k úpravě řídicí jednotky (Gál, L., 2010).

Produkce ethanolu z ligninocelulózní biomasy.

Mladé části rostlin mají pružné, ohebné buněčné stěny. Postupným stářím buněčné stěny ztloustnou a ztvrdnou. V těch se pak nachází velké množství polysacharidů. Tyto buněčné stěny pro rostlinu znamenají ochranu před vnějším prostředím. Proto jsou vyvinuty tak aby odolávaly jak mechanickým tak i chemickým vlivům. Z tohoto důvodu také buněčné stěny odolávají enzymatické digesci. Jedním ze způsobů jak do buněčné stěny proniknout je kyselá hydrolýza. K tomu se používá kyselina sírová, nebo kyselina chlorovodíková. Energeticky náročné je pak následné odstranění kyseliny. Jinou možností je pak enzymatický proces, využívající směs enzymů k získání cukrů pro fermentaci (Abbasi T., 2009).

## 7. 2. Biobuthanol

V poslední době se začalo uvažovat o produkci buthanolu. Buthanol je méně hydrofobický a má větší energetickou hustotu v porovnání s ethanolem (Abbasi T., 2009). Buthanol má o 25 % vyšší výhřevnost oproti etanolu, je tak pouze o pět procent méně výhřevný nežli benzín. Výzkumné práce v oblasti využití buthanolu jako ekologického paliva se provádí zejména v USA a Velké Británii. Buthanol se vyrábí procesem „ABE“ již od roku 1916 – zrna se fermentují s pomocí mikroorganismů *Clostridium acetobutylicum*. Výťažnost buthanolu je ovšem malá, protože už při koncentraci 1,5 % tato látka inhibuje mikroorganismy. To bylo příčinou úpadku zájmu o výrobu buthanolu. S objevem odolnějších bakterií vůči vyšší koncentraci buthanolu se zájem opět obnovil. Jedná se především o *Clostridium tyrobutyricum* a *Clostridium acetobutylicum* vyšlechtěné v USA. Technologické zařízení na výrobu biobuthanolu je poměrně složité a významně rozdílné oproti zařízení na výrobu ethanolu. Sekundárními produkty fermentace je vodík, který zlepšuje energetickou bilanci výroby, kyselina máselná, CO<sub>2</sub> a zhruba 10% tvoří voda. Výtěžek biobuthanolu je v porovnání bioethanolem lepší. Například z 100 kg kukuřice se získá 38 litrů buthanolu. Oproti etanolu má také menší korozivní účinky a tak se mohou použít stávající spalovací zařízení. V roce 2005 provedla firma EEI zkušební jízdy s automobilem o objemu válců 3,5 litru. Bylo dosaženo průměrné spotřeby 10 litrů/100 km. Emise VOC byly

v porovnání s použitím benzínu o nižší o 95 %, emise NO<sub>x</sub> o 27 % a emise CO o 97 % (Sladký V., 2010).

### **7. 3. Bionafta**

Jako bionafta bývá označena motorová nafta s příměsí metylesterů mastných kyselin nad 30 %. Tak jako u ethanolu i v případě methylesterů mastných kyselin dochází k mírné ztrátě výkonu a zvýšení spotřeby. Bionafta je oproti klasické naftě mastnější a tak snižuje opotřebení motoru. Výhodou je i biologická odbouratelnost, 95 % biopaliva je rozloženo za 28 dnů. Bionafta se vyrábí transesterifikací olejů nízkomolekulárním alkoholem (methanol, ethanol) tzv. homogenní katalýzou. Proces probíhá za teploty 60 – 70 °C po dobu 60 – 90 minut. Je možné také použít enzymatickou katalýzu, která probíhá za nižší teploty (25 – 30 °C), je ale třeba delšího času v řádu desítek hodin (Skopal F., 2010). K výrobě methylesterů mastných kyselin se kromě rostlinných olejů dá použít i odpadní tuky. Výroba z odpadních tuků je ovšem velmi drahá. To by mohl změnit patent vědeckého týmu z Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně pod vedením profesora Kolomazníka. V dubnu 2010 přišli s technologií, která by proces výroby bionafty z odpadních tuků výrazně zlevnila (Česká televize, 2010). V České republice se používá methyl ester řepkového oleje tzv. MEŘO. Ve světě je však oblíben i palmový olej, přínos pro životní prostředí je zejména kvůli dopadům pěstování palmových plantáží negativní.

Vzhledem k náročnosti výroby a nejednoznačností přínosů používání dnešních motorových biopaliv by bylo vhodné se zaměřit i na ostatní možnosti snižování emisí v dopravě. Významnou roli při snižování emisí také hraje účinnost spalovacích motorů a konstrukce vozidel přihlížející ke snižování spotřeby. K určitému celkovému snižování spotřeby u nově prodávaných aut dochází, je však otázkou, zda a v jaké míře by masivnější obměna vozového parku vzhledem k vysoké energetické náročnosti výroby aut přispěla ke snižování emisí. Podstatným faktem je i skutečnost, že spotřebu paliva při provozu automobilu určuje styl užívání (zejména průměrná rychlost, plynulost jízdy). Vysoké procento uživatelů aut jezdí na podhuštěných pneumatikách, časté je také zbytečné převážení těžkého nákladu, jízda s nevyužitým střešním nosičem, nesprávné zvolení převodového stupně atd. Zcela zbytečné a pro životní prostředí velmi

nepřínosné je vzrůstající obliba SUV vozů, které jsou těžší, mají horší aerodynamické vlastnosti a tudíž vyšší spotřebu paliva.

## **8. Dělení biopaliv dle způsobu výroby**

### **8. 1. 1. generace biopaliv**

Biopaliva první generace jsou zatím nejrozšířenější a vzhledem k jejich rychlému zavádění a sporným přínosům pro životní prostředí také nekritizovanější. V případě ethanolu se z obilného zrna se získává 65 % škrobu, zcukernatěním a následným kvašením dochází k velkým energetickým ztrátám. Z celkové suroviny se tak efektivně využije pouze 25% (Kužel S., 2009).

Pro palivo E 85 je vzhledem k nízké výhřevnosti nutná úprava motoru. Je třeba provést úpravu řídící jednotky – prodloužit dobu vstřikování paliva. Cena za tuto úpravu se pohybuje mezi 5 – 15 tis. korun.

Experiment s palivem E 85 prováděný na měřícím stanovišti

Charakteristika emisí a spotřeby paliva byla srovnávána s palivem Natural 95. Testovaným vozem byla Škoda Felicia 1,3 MPi. Výsledky měření ukazují na zvýšenou spotřebu paliva, jenž je způsobena nižší výhřevností bioethanolu. Spotřeba paliva vzroste o 46,4% při kombinovaném provozu ( městský provoz 36,8, mimoměstský 63,2 %.) Pokles emisí CO<sub>2</sub> je poměrně nízký. Je třeba však připočíst, že v závislosti na technologii výroby bioethanolu jde z části o uhlík z atmosféry získaný při růstu energetické plodiny. Poměrně značný je pokles emisí CO o 30%, VOC o 21% a oxidů dusíku o 31% (Miler P.,2010).

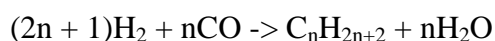
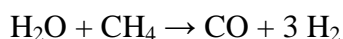
## 8. 2. 2. generace biopaliv

Biopaliva druhé generace se vyrábějí z celulózy a ligninu. Tyto látky se pak získávají z rychle rostoucích rostlin, odpadního dřeva, či biodpadu ze zemědělské výroby. Na rozdíl od biopaliv první generace se využívá celá rostlina, což znamená větší výnos z hektaru ( při stejném množství použitých hnojiv). Úpravu biomasy lze rozdělit na základní dva technologické procesy – fermentaci a gasifikaci (Gál L., 2010). Problém může být ve velkém odběru biomasy, kdy může dojít k rychlému vyčerpání půdy.

### Fischer – Tropschova syntéza

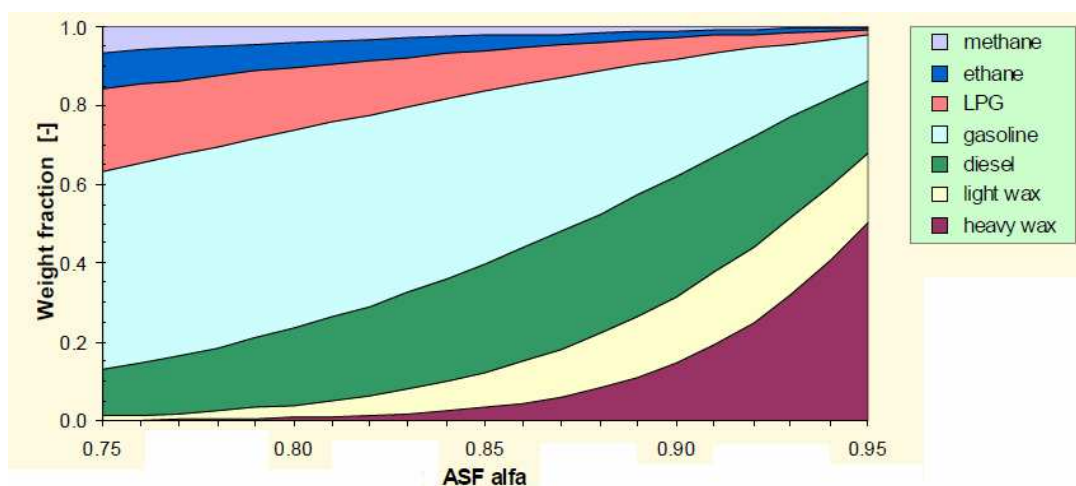
Fischer – Tropschova syntéza byla vynalezena ve 20. letech v Německu. Masově pak používána za II. světové války, kdy nemělo Německo a Japonsko dostatek fosilních paliv. V době apartheidu tuto syntézu používala i Jihoafrická republika, vzhledem uvalenému embargu.

Podstata Fischer – Tropschovy



Syntézní plyn získaný z biomasy je pod velkým tlakem, za teploty 350 °C a v přítomnosti katalyzátorů (Co, Fe) přeměňovány na kapalné uhlovodíky podobné ropě. To je velkou výhodou oproti v současnosti používané alternativě nafty methyl esteru řepkového oleje (MEŘO), který může v běžně prodávaných motorech způsobovat poruchy ( např. rozleptávání kaučukových těsnění). Proto nad určitý vyšší podíl přimíchané složky MEŘO do nafty je třeba provést úpravu motoru. To v případě produktů Fischer – Tropschovy syntézy odpadá a stává se tak konkurenceschopnějším na trhu. Při současných cenách klasických paliv však zatím paliva 2. generace na svou cenovou výhodnost stále čekají. Předpokládá se, že se ekonomicky začnou vyplácet při zdvojnásobení současné ceny fosilních paliv.

### Produkty Fischer – Tropschovy syntézy



Zdroj: Boerrigter H., 2002

V současné době používá Fischer – Tropschovu syntézu Jihoafrická firma Sasol či ropná firma Shell. Výzkumem a výrobou biopaliv druhé generace se také zabývá anglická firma BP, kanadská firma IOGEN či německý Choren.

### 8. 3. 3. generace biopaliv

V případě třetí generace alternativních paliv jsou naděje vkládány do působení řas a mikroorganismů, které jsou geneticky modifikovány, tak aby produkovaly ropné látky. Velkou výhodou je fakt, že k zavádění třetí generace biopaliv je možno použít stávající petrochemický průmysl. Americkou vesmírnou agenturou NASA byl vyvinut bioreaktor Omega, ve kterém rostoucí řasy odebírají živiny z dodávané odpadní vody a oxidu uhličitého z atmosféry za vzniku ropných látek. V reaktoru se používá řasy *Botryococcus braunii*. Zbytky řas se pak zkrmí či se použijí jako hnojivo (NASA, 2010). Do vývoje tohoto způsobu výroby investovali největší ropné společnosti jako je BP, ExxonMobil či Shell. To může být signálem v brzký rozvoj a zavádění technologií na trh, nebo naopak může jít o snahu o rychlé patentování technologie a následné odložení projektu do doby nerentabilnosti těžby ropy.

## 9. Kombinované spalování biomasy a fosilních paliv

Ekonomicky výhodným a technicky nenáročným způsobem jak využít fytomasu v energetice je její spalování s uhlím. To se sice neobejde bez určitých překážek, ale na rozdíl od výroby motorových biopaliv se jedná se o velmi efektivní využití biomasy.

Spalování biomasy je podmíněno použitím speciální konstrukce kotlů. A to zejména z důvodů specifické vlastnosti hmoty. Ne všechny kotle na spalování práškového uhlí tak jsou ke spalování biomasy vhodné, některé typy však dovolí spálit až 20 % podíl biomasy. Biomasa se od uhlí odlišuje vyšším procentem chlóru, vyšší vlhkostí a nižší výhřevností. Uhlí se vyznačuje nižším obsahem těkavých látek než biomasa, ta má ovšem nižší obsahy síry. Problémem při spalování biomasy a uhlí je tvorba usazenin a případná koroze spalovacího zařízení. Ta je způsobena koncentrací chlóru v palivu. Kombinovaným spalováním uhlí a biomasy se snižuje obsah popela.

V případě spalování biomasy a uhlí se uplatňují dvě možnosti: přímé spalování a nepřímé spalování. V prvním případě se jedná o nejjednodušší způsob. Uhlí je smícháno s biomasou a směs je dopravena do kotle. Pro nepřímé spalování je třeba zařízení pro zplynování biomasy. Plyn je pak spalován v topeništi. Velkou výhodou je možnost čištění topného plynu a minimalizace nevhodných látek, způsobující emise (Jakubes J., 2010). Spalováním uhlí a biomasy se zabývá i zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Tento zákon výrobcům elektrické energie ze společného spalování biomasy a uhlí přiznává finanční podporu, kterou stanoví Energetický regulační úřad. Na první pohled správný přístup však může v budoucnu znamenat zvýšení poptávky po energetických plodinách a vzhledem k omezenému množství vyprodukované biomasy v České republice, tak dojde ke zvýšení jejich ceny i pro provozovatele lokálních topenišť na biomasu, či dovozu biomasy z velké vzdálenosti. Samotné zvyšování cen energií není špatné (motivuje spotřebitele k úsporám), pokud ale stále existuje levnější alternativa v podobě spalování uhlí, projeví se finanční podpora spalování biomasy a uhlí na ovzduší českých vesnic, kde nedošlo k plošné plynofikaci. Možným řešením by byl nezbytný zákaz prodeje uhlí a dotace směřované ne velkým energetickým

podnikům ale přímo pěstitelům a to pouze za dodržování předepsaných pravidel ochrany přírody.

## **10. Balance životního cyklu - Life cycle assessment**

Komplexní přístup v posuzování výhodnosti pěstování biomasy se začal používat na konci 80. let (Gál L., 2010). Do bilancování přínosů biomasy se započítává celý životní cyklus biomasy. Od zorání půdy, přes osev, sklizeň, transport do místa zpracování, zpracování, distribuce konečným zákazníkům až po samotné spálení paliva. Bilancuje se jak energetický tak environmentální přínos. Pro energetickou bilanci se používá ukazatel E/R (energy/ratio). Jedná se podíl energie dodaného do procesu a energie získané (Gál L., 2010).

Environmentální a energetická balance životního cyklu je v případě biopaliv, vyrobené z určitých druhů rostlin horší ve srovnání s klasickými palivy. Fosilní paliva vznikala před 55 – 360 miliony let (Kadrnožka J., 2008). Jde tedy o velmi koncentrovanou energii z dlouhého časového období. Naproti tomu biopaliva koncentrují sluneční energii v rozmezí jednoho až několik let a plochy, které jsou potřeba k jejich pěstování jsou nesrovnatelně větší, než které zabere těžba a zpracování fosilních paliv. Na druhou stranu je neporovnatelný rozsah případných katastrof, spojených s těžbou či distribucí fosilních paliv (např. Exxon Valdez, plošina BP v Mexickém zálivu).

Pro biopaliva určená pro spalování v motorech aut se používá analýza WTW (Well to Wheel. Tato analýza zpracovává dopady všech druhů paliv na životní prostředí, ke kterým dochází v celém „životním cyklu“ biopaliva. Dále zpracovává odhad nákladů pro jednotlivé možnosti výroby, posuzuje jejich reálnost uplatnění. WTW analýzy se rozdělují na dvě části.

První se nazývá WTT analýza (Well to Tank) a zaměřuje se dopady (energetická náročnost, produkce emisí), které jsou způsobeny od těžby/pěstování suroviny do natankování paliva do nádrže. Jde tedy o vliv získávání suroviny potřebné k výrobě paliva, následné dopravy této suroviny do zpracovatelského závodu, samotného zpracování na konečné palivo a dopravu tohoto paliva do čerpacích stanic.

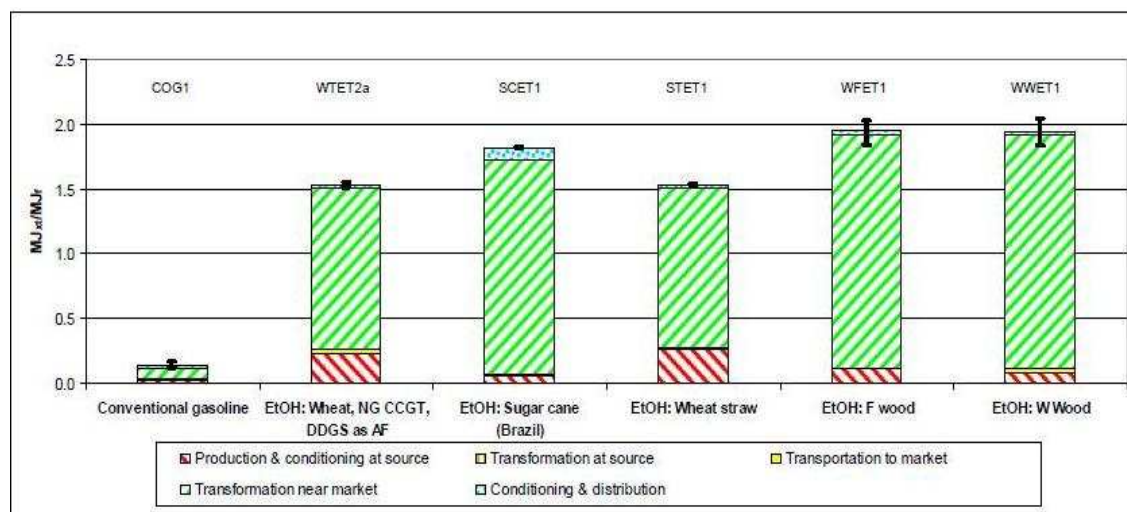


V případě fosilních paliv se jedná o hodnocení vlivů těžby (úniky z ropných věží, dopady povrchových i podpovrchových dolů atd.) na životní prostředí, dále rizika spojená s přepravou, spotřeba energie a produkce emisí při přepravě a zpracování např. v rafinériích.

Analýza srovnávající škodlivost při samotném spalování paliva v dopravním prostředku se označuje TTW (Tank to Wheel).

Dle WTT analýzy vydané v roce 2006 Evropskou komisí se E/R pro ethanol pohybuje mezi 1,5 až 2, v případě MĚŘO 0,7 až 1,2 (v závislosti na výchozí surovině a technologii zpracování). U methylesterů mastných kyselin tedy vychází ukazatel E/R lépe než pro ethanol (WTW analysis, EU, 2006). Z environmentálního hlediska je však MĚŘO diskutabilní, z hlediska velkých osetých ploch a jejich negativní dopady (ztráta biodiverzity, dopady na zvěř).

WTT energetická bilance pro ethanol – dle výchozích surovin



*Zdroj: WTW analysis, EU, 2006*

## 11. Dopady fytoenergetiky

### 11. 1. Environmentální dopady fytoenergetiky

Asi největší hrozbou se jeví zabírání nových dosud přírodních ekosystémů pro pěstování energetických plodin. Tlak na využití další půdy se již dá očekávat z důvodu potřeby zásobování stále rostoucí lidské populace. Největší riziko se dá předpokládat v rozvojových zemích, kde je nesnadná kontrola udržitelnosti pěstování energetických rostlin. Velké lány monokultur ztěžují zisk potravy pro zvěř, některé druhy pak svou nesprávnou výsadbou omezují pohyb v krajině. Jak je popsáno dále některé druhy rostlin mohou způsobovat zvěři i zdravotní problémy.

Přeměna deštných pralesů, savan, pastvin v Brazílii, Jihovýchodní Asii či USA vytvořila uhlíkový dluh uvolněním 17 – 420x více CO<sub>2</sub> než kolik biopaliva dokázala ušetřit nahrazením fosilních paliv (Fargione J., 2008 ex Abbasi T., 2009). Rostoucí poptávka po palmovém oleji se významně podílí na každoročním 1,5 % úbytku plochy deštných pralesů v Malajsii a Indonésii (Hooijer M., 2006 ex Abbasi T., 2009). To znamená vážné nebezpečí pro endemity a ohrožené druhy, jakým je například orangutan bornejský *Pongo pygmaeus* (Koh, L.P., 2008).

V rozvojových zemích jako je Brazílie či Indie může docházet vlivem pěstování určitých energetických plodin k půdní erozi. Přestože se tato hrozba dá efektivně minimalizovat, je aplikace dostupných technologií a opatření složitá a drahá a proto v těchto zemích nevyužívaná (Abbasi T., 2009). Zejména v dnešní době hojně pěstovaná kukuřice způsobuje problém eroze půdy. Eroze přispívá k urychlení odvodu vody a častějšímu výskytu náhlých záplav.

Zemědělství se podílí ze 75% světových emisí reaktivních sloučenin dusíku (Smil V., 1999 ex Abbasi T., 2009). N<sub>2</sub>O dosahuje hodnot 300 GWP a životnost v atmosféře 100 až 150 let (Houghton J. ex Kadrnožka J., 2008). Celkově se pěstování energetických plodin neobejde bez používání pesticidů či umělých hnojiv. Ty navíc představují vysokou spotřebu energie při jejich výrobě.

## **11. 2. Půda a voda jako hlavní zdroj výroby biopaliv**

Zavádění výroby paliv z biomasy vede ke zvýšenému tlaku na hlavní zdroje: půdu a vodu. Půda a voda jsou tedy dvě nejvíce ohrožené složky životního prostředí. Vzhledem k růstu jak světové populace tak k nárůstu spotřeby energie bude tlak na půdní a vodní zdroje stále narůstat.

Zejména v rozvojových zemích vysoká poptávka vyvolá náhlou změnu produkce zemědělců, kteří se orientují na co největší zisk bez ohledu na dopady a udržitelnost produkce energetických plodin.

## **11. 3. Sociálně – ekonomické dopady**

Udržitelné pěstování a následné zpracování energetických plodin může představovat možnost určitého snížení nezaměstnanosti a příležitost malým podnikatelům. Základním předpokladem snížení energetické náročnosti výroby biomasy je její zpracování v místě výroby. To znamená nejenom potřebnou diverzifikaci a geografické rozšíření energetických zdrojů, ale ekonomickou příležitostí zejména pro „slabé regiony“, které mnohdy vidí svou budoucnost jen napojením se na dálniční síť a v doufání v následující vstup velkého investora. V současné době při menší poptávce po plodinách pro potravinářské využití a snižování stavů skotu by se jevila energetika jako možná záchrana pro část zemědělců. Ovšem za předpokladu účinných opatření státu, které zamezí nevhodnému způsobu pěstování energetických plodin. Samotné zpracování biomasy (lisovny briket, bioplynové stanice, obecní teplárny) bude znamenat další pracovní příležitosti.

V rozvojovém světě se jeví jako příležitost „contract farming“, kterou FAO doporučuje jako nástroj boje proti chudobě. Firmy kontraktují místní farmáře, kteří často vlastní degradovanou půdu. Pěstování energetických plodin (např. *Jatropha curcas*) pro ně pak znamená nový zdroj financí. Zemědělci mají smlouvou zajištěn odběr úrody, v některých programech mu jsou dokonce poskytnuty informace a technické zázemí k pěstování energetické plodiny, případně je poskytnuta malá půjčka. Jedná se o lepší systém pěstování, než který provádějí nadnárodní firmy. Ty založí vlastní plantáže a drtivou většinu zisku pak odvedou ze země (Klápová J., 2008).

Sociálně ekonomické dopady jsou však i negativní. Snad nejvíce probíranou oblastí je fakt, že produkce biopaliv se střetává s produkcí potravin. Na produkci potravin pro jednoho člověka je třeba přibližně 0,5 ha půdy. Na provoz jednoho auta (při ročním najetí 16 000km a průměrné spotřebě 6,6l paliva na 100km) je třeba 2,2 ha (Abbasi T., 2009).

#### **11. 4. Vliv pěstování řepky na zvěř**

Pěstování řepky se v Evropě rozšířilo v druhé polovině osmdesátých let. Šlechtitelé řepky postupně snižují obsah kyseliny erukové a glukosinulátů. Tyto látky způsobovaly nepříjemnou pachut' a řepka tak nebyla pro zvěř chutná. Se zaváděním nových odrůd, chudších na tyto látky se začali projevovat negativní dopady na zvěř.

Touto problematikou se zabývala veterinární univerzita ve Vídni. Během výzkumu postižené srnčí zvěře bylo pozorováno průjemové onemocnění, ztráta plachosti, nechut' k příjmu potravy, v některých případech pak došlo až k oslepnutí a úmrtí. Onemocnění se vyskytuje převážně u mladých jedinců (až z 80 %). U těch se snižuje hmotnost až na 8 kg, přičemž hmotnost srnčat v zimním období by měla dosahovat 15 kg. Tukové zásoby jsou u nemocných mláďat minimální, stejně jako zásoby glykogenu v játrech. Charakterickým nálezem je chudokrevnost. Počet erytrocytů dosahuje poloviny normálního množství. V krvi se také nalézá zvýšený obsah močoviny, což svědčí o poškození ledvin.

Důvodem řepkového onemocnění jsou dva procesy probíhající nezávisle na sobě. Prvním je těžká porucha trávení. Dochází k pěnivému kvašení v trávníku, nadmutí a krvavému zánětu žaludku a střev. Druhou příčinou je nadměrný příjem látky obsažené v brukvovitých rostlinách S-methylcysteinsulfoxid (SMCO). Bakterie obsažené v žaludku tuto látku přeměňují na dimethyldisulfid, který v krevním oběhu způsobuje rozpad červených krvinek. Tím je omezena schopnost krve přenášet kyslík v organismu. Omezeným přísunem kyslíku do mozku je pak vysvětlována změna chování, jako je ztráta plachosti či zpomalení reakcí. Látky vzniklé z rozpadlého krevního barviva poškozují játra a ledviny a následuje úhyn zvířete.

Řepkovým onemocněním je zvěř ohrožena tvoří-li přes 60 % hmotnosti přijatého krmiva řepka. Myslivcům je v oblastech s vysokým zastoupením řepky na polích doporučováno dokrmovat zvěř zejména vojtěškovým a jetelovým senem. Důležité je

také začít s dokrmováním dostatečně brzo před zimou, aby si zvěř dokázala vytvořit dostatečné tukové zásoby.

Přes velký nárůst ploch osetý řepkou nezaznamenáváme dramatické zvýšení úmrtnosti. Ztráty vlivem řepkového onemocnění zdaleka nedosahují ztrát způsobené automobilovou dopravou či zemědělskou mechanizací (Vodňanský M., 2002).

## **12. Základní zásady ve fytoenergetice**

Pro energetické plodiny je nutno primárně hledat opuštěné zemědělské pozemky a plochy s degradovanou půdou tak, aby došlo k co nejmenšímu záboru půdy potřebné pro pěstování plodin pro potravinářský průmysl. Je třeba minimalizovat či nejlépe úplně zamezit novému záboru půdy. V důsledku neřízené expanze pěstování energetických plodin pak snadno dojde k tvorbě dlouhodobého uhlíkového dluhu a k ztrátě biodiverzity.

Sláma z pšenice či kukuřice obsahuje značné množství uhlíku, dusíku a fosforu tj. základní složky pro udržení úrodnosti půdy. Dále tyto prvky v půdě napomáhají minimalizovat půdní erozi. To je jedním z důvodů proč zemědělci nechávají slámu na poli. Vyjmutí zbytkových částí těchto plodin se tak musí provádět opatrně s ohledem na udržitelnost kvality dané půdy. Stejně tak se musí s velkou opatrností postupovat v případě sběru a využívání zbytků po těžbě dřeva. Odnos veškerých dřevních „zbytků“ může mít za následek ochuzení lesních půd a následný pomalejší růst dřevní hmoty. To může mít dopad na kvalitu lesa a zpomalení ukládání uhlíku do dřevní biomasy.

Pro energetické využívání by se měl používat primárně biologicky rozložitelný odpad, který v dnešní době končí nevyužitý na skládkách, kde napomáhá produkci methanu. K využívání by mělo docházet v místě produkce odpadu nejlépe v bioplynových stanicích. Je třeba v maximální možné míře zamezit převážení biomasy na dlouhé vzdálenosti. To je v přímém rozporu s pravidly úspor energií. Vzhledem k výši investičních nákladů na stavbu centrální teplárny se sítí horkovodů se v některých vesnicích jeví výhodnější investice do kotlů na biomasu pro rodinné domy, které dnes poskytují stejný uživatelský komfort jako plynové kotle.

## 13. Závěr:

Osobně se domnívám, že problematika energetiky by se měla řešit komplexně a tím prvním krokem by nemělo být rychlé zavádění zejména motorových biopaliv, ale omezení růstu spotřeby energií. Vlády musí všemi dostupnými prostředky (finančními, legislativními) nastavit systém tak, aby plýtvání a ne hospodárné zacházení s energiemi nebylo možné. Tento princip se musí uplatnit ve všech oblastech. Například ve stavebnictví nestačí pouze podpora zateplení, ale zamezit projektům, jejichž investory náklady na energie nezajímají. Příkladem mohou být kancelářské budovy v Praze na Smíchově, které jsou tak energeticky náročné, že bylo třeba zkapacitnit elektrické vedení v kolektorech. Původní vedení bylo sice dimenzováno pro továrny (výrobu), pro klimatizaci a vytápění toto však vzhledem k použitým stavebním materiálům nestačí. Dále je třeba podporovat a zefektivnit hromadnou dopravu (nákup autobusů na CNG, zvýšit počet linek apod.). A to zejména na vesnicích, kde jsou lidé většinou odkázáni na vlastní auto. Vzhledem k nižším příjmům si však obecně kupují starší modely, často nedosahující ani emisní normy EU 3. V případě prodeje nových automobilů by se měl podporovat nákup těch nejméně škodlivých. A to jak z hlediska emisí, tak z hlediska životnosti. Přestože tyto modely jsou na trhu, jejich podíl v celkovém počtu prodaných kusů je zanedbatelný. V neposlední řadě je nutno donutit výrobce spotřebního zboží, aby opustily výrobní politiku, kdy má výrobek životnost 2,5 roku a poté je výhodnější koupit nový, namísto opravy toho poškozeného. Jsem přesvědčen, že tyto a další opatření jsou hlediska životního prostředí přínosnější, než je rychlé a neuvážené uplatňování výroby biopaliv.

V současné době vidím jako rozumnější využít produkty fytoenergetiky pro vytápění budov či výrobu elektřiny a tepla kogenerací, nežli energeticky a environmentálně náročnou výrobou produkovat kapalná biopaliva 1. generace. Při výběru druhu energetické plodiny je nutné zvážit lokální podmínky a co nejmenší negativní vliv na přírodu. Proto se domnívám, že by se měly upřednostňovat výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin. Zajisté by měl i nadále pokračovat vývoj a pokusy o komerční uplatnění 3. generace biopaliv. Jejich prodej by pak měl být podmíněn certifikací všech úrovních výroby.

## Seznam použité literatury:

- Abbasi T., Abbasi S.A., 2009: Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 920- 934.
- Andert D., Sladký V., Abrham Z., 2006: Energetické využití pevné biomasy. Publikace výzkumného ústavu zemědělské techniky.
- Boerrigter H., 2002: Green diesel production with Fischer-Tropsch synthesis, Presented at the Business Meeting Bio-Energy
- Česká televize, 2010: Zlínský patent nabízí výrobu bionafty z bezcenných odpadních tuků. Dostupné na: <http://enviweb.cz>.
- Dominico R., 2007: Místo Evropy v globálních scénářích energetické politiky. Informace Velvyslanectví České republiky v Bruselu.
- Euroactiv, 2009: Bioapliva pro dopravu. Dostupné na: <http://www.euractiv.cz/energetika/link-dossier/biopaliva-pro-dopravu>.
- Fargione J, Hill J, Tilman D, Polasky S, Hawthorne P., 2008: Land cleaning and the biofuel carbon debt 10.1126/science. 1152747. *Science* 2008;319:1235–8.
- Gál L., 2010: Další vývoj v oblasti kapalných biopaliv. *Biom.cz*. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dalsi-vyvoj-v-oblasti-kapalnych-biopaliv>.
- Ghosh D.R., Chaudhary M.P., Reddy S.N., Rao J, Chikara J.B., Pandya J.S., et al.: Prospects for jatropha methyl ester (biodiesel) in India. *International Journal of Environmental Studies* 2007;64(December (6)):659–74.

- Goldemberg J, Johansson T.B. 2004: World energy assessment overview: update.  
New York: United Nations Development Programme.
- Holub P., 2007: Miscanthus - energetická rostlina budoucnosti ?. Alternativní energie.
- Hooijer M, Silvius H, Wosten S., 2006: Peat CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in SE Asia Tech Report No Q3943 (Delft Hydraulics); 2006.
- Houghton J., 1995: Global warming. The complete briefing by Lion publishing, Oxford.
- Huleš L., 2006: Vrby a topoly v ochraně životního prostředí proti hluku. Biom.cz.  
Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vrby-a-topoly-v-ochrane-zivotniho-prostredi-proti-hluku>.
- Jakubes J., 2010: Spoluspalování biomasy s fosilními palivy – od výzkumu k praktickému využití. Biom.cz. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spoluspalovani-biomasy-s-fosilnimi-palivy-od-vyzkumu-k-praktickemu-vyuziti>.
- Kadrnožka J., 2008: Globální oteplování země. Příčiny, průběh, důsledky, řešení. Vysoké učení technické v Brně. 54 – 58.
- Klápová J., 2008: Bio nafta z pouště. Dostupné na: <http://vtm.cz>.
- Koh L.P., Wilcove, D.S., 2008: Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? Conservation Letters 1, 60–64.
- Koubová D., 2008: Čirok jako alternativní energetická rostlina do suchých podmínek. Publikace projektu EDUCO. Dostupné na: <http://scienceshop.cz>.



- Kužel S., 2009: Nové technologie zpracování biomasy. Seminář „Biomasa pro výrobu tepla“. Jihočeská univerzita.
- Miler P., Hromádko Jan, Hromádko Jiří, Honig V., Schwarzkopf M., 2010: Zhodnocení ekologického potenciálu paliva E85. Listy cukrovarnické a řepařské, Volume 5-6: 180-185.
- Moudrý J., 2006: Konopí seté (*Canabis sativa L.*). Databáze Zemědělské fakulty Jihočeské Univerzity.
- Moudrý J., 2006: Světlíce barvířská – salfor (*Carthamus tinctorius L.*). Databáze Zemědělské fakulty Jihočeské Univerzity.
- NASA, 2010: Offshore Membrane Enclosure for Growing Algae (OMEGA). Publication of Lunar Science Institute. Dostupné na: <http://lunarscience.arc.nasa.gov>.
- Petříková V., 2000: Rostliny pro energetické rostliny. Publikace České energetické agentury.
- Petříková V., 2009: Rumex OK 2 – krmný šťovík. Biom.cz. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik>.
- Plíštil, D.: Brikety z energetických bylin. Biom.cz. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-energetickych-bylin>.
- Pražák V., 2007: Motorová paliva a biopaliva, publikace České rafinérské, a.s. Dostupné na: [http://www.ceskarafinerska.cz/data/publications/motorova\\_paliva\\_a\\_biopaliva.pdf](http://www.ceskarafinerska.cz/data/publications/motorova_paliva_a_biopaliva.pdf).

- Radulovich R., 2008: Seaweeds, the coming revolution. Ignored yet potentially top players in the bioenergy vs. food game. Sea Gardens Project. Universidad de Costa Rica.
- Rak L., 2007: SECURIGERA VARIA (L.) Lassen – čičorka pestrá / ranostaj pestrý. Botany.cz. Dostupné na: <http://botany.cz/cs/securigera-varia/>.
- Skopal, F., Hájek, M., Komers, K., 2010: Bionafta (FAME), náhrada za fosilní naftu. Věda a Výzkum. Katedra fyzikální chemie fakulty chemicko-technologické, Univerzita v Pardubice.
- Sladký V., 1999: Křídlatka - perspektivní energetická plodina. Biom.cz. Dostupné na: <http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html>.
- Sladký V., 2010: Biobutanol jako kvalitní náhrada benzínu. Biom.cz. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-jako-kvalitni-nahrada-benzinu>.
- Smil V., 1999: Nitrogen in crop production: an account of global flows. Global Biogeochemical Cycles;13:647–62.
- Sovák L., Stupavský V., 2009: Využití energetické plodiny Miscanthus Giganteus je rentabilní. Biom.cz. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-energeticke-plodiny-miscanthus-giganteus-je-rentabilni>.
- Stražil J., Hutla, P., 2004: Chrástice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. Biom.cz Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>.
- Šinkora M., 2008: Topoly a vrby pro energetiku. Biom.cz. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-pro-energetiku>.

Šíroká M., 2009 : Konopí seté – energetická a průmyslová plodina třetího tisíciletí.  
Biom.cz. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/konopi-sete-energiticka-a-prumyslova-plodina-tretiho-tisicileti>.

Tlustoš P., Habart J, 2009: Využití průmyslových rostlin k remediaci kontaminovaných půd. Biom.cz. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-prumyslovych-rostlin-k-remediaci-kontaminovanych-pud>.

Vodňanský M., 2002: Jak skutečně působí řepka ozimná na zvěř. Myslivost.  
Volume 02.

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o., 2010: Čičorka pestrá. Dostupné na:  
<http://www.vupt.cz/cicorka-pestra>.

Well to wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the enropean context, 2006: European commission, Concavwe, Eucar.